

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10117172 A

(43) Date of publication of application: 06 . 05 . 98

(51) Int. Cl

H04B 10/28
H04B 10/26
H04B 10/14
H04B 10/04
H04B 10/06
H01S 3/18
H04B 1/62

(21) Application number: 08270115

(22) Date of filing: 11 . 10 . 96

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: SASAI HIROYUKI
UCHIUMI KUNIYAKI

(54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

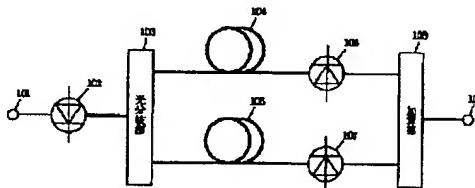
power of the noise components going to be summed.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the optical transmission system with excellent C/N by suppressing a noise component due to Rayleigh scattering.

SOLUTION: An electrooptic conversion section 102 converts a received electric signal into an optical signal. An optical branch section 103 branches an optical signal obtained after conversion into two. The branched optical signals are transmitted respectively via optical transmission lines 104, 105. In this case, a noise light due to Rayleigh scattering is generated in the optical transmission lines 104, 105. First and second photoelectric conversion sections 106, 107 convert respectively the optical signal including the noise light into an electric signal including a noise component. An adder section 108 sums the amplitude of the converted electric signals. In this case, the amplitude of the sum electric signal is equal to the sum of the amplitude of the electric signals to be summed, while the sum noise component has no correlation between the noise components going to be summed, then the power of the noise component is equal to the sum of the



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-117172

(43)公開日 平成10年(1998)5月6日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F.I

H 04 B 10/28
10/26
10/14
10/04
10/06

H 04 B 9/00
H 01 S 3/18
H 04 B 1/62

Y

審査請求 未請求 請求項の数51 OL (全21頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平8-270115

(22)出願日

平成8年(1996)10月11日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 鈴井 裕之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 内海 邦昭

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

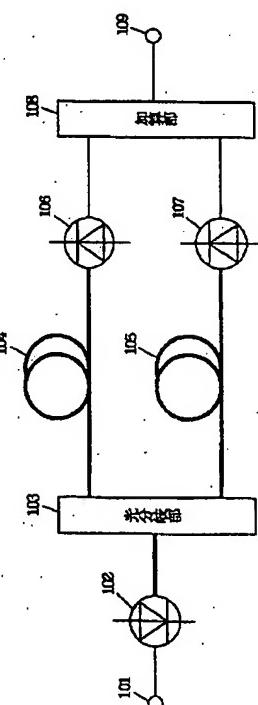
(74)代理人 弁理士 小笠原 史朗

(54)【発明の名称】光伝送システム

(57)【要約】

【課題】レーリー散乱による雑音成分を抑制して、C/N比が良好な光伝送システムを提供する。

【解決手段】電気光変換部102は、入力された電気信号を光信号に変換する。光分岐部103は、変換して得られた光信号を2分岐する。分岐して得られた光信号はそれぞれ、光伝送路(104、105)を介して伝送される。このとき、光伝送路(104、105)において、レーリー散乱による雑音光が発生する。第1および第2の光電気変換部(106、107)はそれぞれ、伝送された、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。加算部108は、変換して得られた電気信号を振幅加算する。その際、加算して得られる電気信号は、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しいのに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に相関がないため、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、
 電気信号を光信号に変換する電気光変換手段と、
 前記電気光変換手段が変換して得られた光信号を2以上に分岐する光分岐手段と、
 前記光分岐手段が分岐して得られた光信号をそれぞれ伝送するための2以上の光伝送路と、
 前記2以上の光伝送路を介して伝送された光信号をそれぞれ電気信号に変換する2以上の光電気変換手段と、
 前記2以上の光電気変換手段がそれぞれ変換して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備える光伝送システム。

【請求項2】 前記光分岐手段が分岐して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項3】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、
 電気信号を光信号に変換する電気光変換手段と、

前記電気光変換手段が変換して得られた光信号を2以上に分岐する光分岐手段と、
 前記光分岐手段が分岐して得られた光信号をそれぞれ伝送するための2以上の光伝送路と、

前記2以上の光伝送路を介して伝送された光信号を合波する光合波手段と、
 前記光合波手段が合波して得られた光信号を電気信号に変換する光電気変換手段とを備える光伝送システム。

【請求項4】 前記光分岐手段が分岐して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項3に記載の光伝送システム。

【請求項5】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、
 電気信号を光信号に変換する電気光変換手段と、

前記電気光変換手段が変換して得られた光信号を2分岐する光分岐手段と、
 前記光分岐手段が分岐して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、

前記第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれなりに垂直になるように合波する光偏波合波手段と、
 前記光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、
 前記光伝送路を介して伝送された光信号を電気信号に変換する光電気変換手段とを備える光伝送システム。

【請求項6】 前記光分岐手段が分岐して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項5に記載の光伝送システム。

【請求項7】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、

2

電気信号を2以上に分岐する分岐手段と、
 前記分岐手段が分岐して得られた電気信号をそれぞれ光信号に変換する2以上の電気光変換手段と、
 前記2以上の電気光変換手段が変換して得られた光信号をそれぞれ伝送するための2以上の光伝送路と、
 前記2以上の光伝送路を介して伝送された光信号をそれぞれ電気信号に変換する2以上の光電気変換手段と、
 前記2以上の光電気変換手段が変換して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備える光伝送システム。

10 【請求項8】 前記2以上の電気光変換手段が変換して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項9】 前記分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴とする、請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項10】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、
 電気信号を2以上に分岐する分岐手段と、

前記分岐手段が分岐して得られた電気信号をそれぞれ光信号に変換する2以上の電気光変換手段と、
 前記2以上の電気光変換手段が変換して得られた光信号をそれぞれ伝送するための2以上の光伝送路と、

前記2以上の光伝送路を介して伝送された光信号を合波する光合波手段と、
 前記光合波手段が合波して得られた光信号を電気信号に変換する光電気変換手段とを備える光伝送システム。

【請求項11】 前記2以上の電気光変換手段が変換して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項10に記載の光伝送システム。

30 【請求項12】 前記分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴とする、請求項10に記載の光伝送システム。

【請求項13】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、
 電気信号を2分岐する分岐手段と、

前記分岐手段が分岐して得られた電気信号をそれぞれ光信号に変換する第1および第2の電気光変換手段と、
 前記第1および第2の電気光変換手段が変換して得られ

40 た光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、
 前記第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれなりに垂直となるように合波する光偏波合波手段と、

前記光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、
 前記光伝送路を介して伝送された光信号を電気信号に変換する光電気変換手段とを備える光伝送システム。

【請求項14】 前記第1および第2の電気光変換手段が変換して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワ

ーが等しいことを特徴とする、請求項13に記載の光伝送システム。

【請求項15】 前記分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴とする、請求項13に記載の光伝送システム。

【請求項16】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、

電気信号を2分岐する分岐手段と、

前記分岐手段が分岐して得られた電気信号の一方を位相反転する第1の位相反転手段と、

前記分岐手段が分岐して得られた電気信号の他方および前記第1の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号をそれぞれ光信号に変換する第1および第2の電気光変換手段と、

前記第1および第2の電気光変換手段が変換して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、

前記第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれれ互いに垂直となるように合波する光偏波合波手段と、

前記光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、

前記光伝送路を介して伝送された、偏波面がそれぞれ互いに垂直な光信号を、分離する偏波分離手段と、

前記偏波分離手段が分離して得られた光信号をそれぞれ電気信号に変換する第1および第2の光電気変換手段と、

前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する第2の位相反転手段と、

前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに前記第2の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備える光伝送システム。

【請求項17】 前記第1および第2の電気光変換手段が変換して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項16に記載の光伝送システム。

【請求項18】 前記分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴とする、請求項16に記載の光伝送システム。

【請求項19】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、

光信号を出力する光源と、

前記光源から出力される光信号を2分岐する光分岐手段と、

電気信号を2分岐する分岐手段と、

前記分岐手段が分岐して得られた電気信号の一方を位相反転する第1の位相反転手段と、

前記光分岐手段が分岐して得られた光信号を、前記分岐

手段が分岐して得られた電気信号の他方および前記第1の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号に応じてそれぞれ強度変調する第1および第2の外部光変調手段と、

前記第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られた光信号をそれぞれ伝送するための第1および第2の光伝送路と、

前記第1および第2の光伝送路を介して伝送された光信号をそれぞれ電気信号に変換する第1および第2の光電気変換手段と、

前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する第2の位相反転手段と、

前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに前記第2の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備える光伝送システム。

【請求項20】 前記第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項19に記載の光伝送システム。

【請求項21】 前記分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴とする、請求項19に記載の光伝送システム。

【請求項22】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、

光信号を出力する光源と、

前記光源から出力される光信号を2分岐して、それぞれ位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調して出力する外部光変調手段と、

前記外部光変調手段が出力する光信号をそれぞれ伝送するための第1および第2の光伝送路と、

前記第1および第2の光伝送路を介して伝送された光信号を電気信号にそれぞれ変換する第1および第2の光電気変換手段と、

前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する位相反転手段と、

前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに前記位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備える光伝送システム。

【請求項23】 前記外部光変調手段が出力する光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項22に記載の光伝送システム。

【請求項24】 電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、

光信号を出力する光源と、

前記光源から出力される光信号を2分岐する光分岐手段と、

電気信号を2分岐する分岐手段と、

前記分岐手段が分岐して得られた電気信号の一方を位相反転する第1の位相反転手段と、
 前記光分岐手段が分岐して得られた光信号を、前記分岐手段が分岐して得られた電気信号の他方および前記第1の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号に応じてそれぞれ強度変調する第1および第2の外部光変調手段と、
 前記第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、
 前記第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれぞれ互いに垂直となるように合波する光偏波合波手段と、
 前記光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、
 前記光伝送路を介して伝送された、偏波面がそれぞれ互いに垂直な光信号を、分離する偏波分離手段と、
 前記偏波分離手段が分離して得られた光信号をそれぞれ電気信号に変換する第1および第2の光電気変換手段と、
 前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する第2の位相反転手段と、
 前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに前記第2の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備える光伝送システム。
 【請求項25】前記第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項24に記載の光伝送システム。
 【請求項26】前記分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴とする、請求項24に記載の光伝送システム。
 【請求項27】電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、
 光信号を出力する光源と、
 前記光源から出力される光信号を2分岐して、それぞれ位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調して出力する外部光変調手段と、
 前記外部光変調手段が出力する光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、
 前記第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれぞれ互いに垂直となるように合波する光偏波合波手段と、
 前記光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、
 前記光伝送路を介して伝送された、偏波面がそれぞれ互いに垂直な光信号を、分離する偏波分離手段と、

前記偏波分離手段が分離して得られた光信号をそれぞれ電気信号に変換する第1および第2の光電気変換手段と、
 前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する位相反転手段と、
 前記第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに前記位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備える光伝送システム。
 10 【請求項28】前記外部光変調手段が出力する光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴とする、請求項27に記載の光伝送システム。
 【請求項29】前記加算手段には、加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、所定の伝送遅延量が設定されていることを特徴とする、請求項1、2、7～9、16～28のいずれかに記載の光伝送システム。
 【請求項30】前記加算手段は、加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、当該信号の位相差を補正する機能を備えていることを特徴とする、請求項1、
 20 2、7～9、16～28のいずれかに記載の光伝送システム。
 【請求項31】前記光合波手段には、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、所定の伝送遅延量が設定されていることを特徴とする、請求項3、4、10～12のいずれかに記載の光伝送システム。
 【請求項32】前記光合波手段は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、当該信号の強度変調成分の位相差を補正する機能を備えていることを特徴とする、請求項3、4、10～12のいずれかに記載の光伝送システム。
 30 【請求項33】前記光偏波合波手段には、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、所定の伝送遅延量が設定されていることを特徴とする、請求項5、6、13～15のいずれかに記載の光伝送システム。
 【請求項34】前記光偏波合波手段は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、当該信号の強度変調成分の位相差を補正する機能を備えていることを特徴とする、請求項5、6、13～15のいずれかに記載の光伝送システム。
 40 【請求項35】前記光分岐手段は、前記加算手段が加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、分岐して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備えていることを特徴とする、請求項1または2に記載の光伝送システム。
 【請求項36】前記光分岐手段は、前記光合波手段が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、分岐して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備えていることを特徴とする、請求項3ま

たは4に記載の光伝送システム。

【請求項37】前記光分岐手段は、前記光偏波合波手段が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、分岐して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備えていることを特徴とする、請求項5または6に記載の光伝送システム。

【請求項38】前記分岐手段は、前記加算手段が加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、分岐して得た電気信号の位相を調節する機能を備えていることを特徴とする、請求項7～9、16～21、24～26のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項39】前記分岐手段は、前記光合波手段が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、分岐して得た電気信号の位相を調節する機能を備えていることを特徴とする、請求項10～12のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項40】前記分岐手段は、前記光偏波合波手段が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、分岐して得た電気信号の位相を調節する機能を備えていることを特徴とする、請求項13～15のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項41】前記外部光変調手段は、前記加算手段が加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、出力しようとする光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備えていることを特徴とする、請求項22、23、27、28のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項42】前記第2の位相反転手段は、前記第1の位相反転手段により位相反転されなかった電気信号を位相反転することを特徴とする、請求項16～21、24～26のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項43】前記外部光変調手段は、バランスブリッジ型／方向性結合型光変調器であることを特徴とする、請求項22、23、27、28のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項44】前記光伝送路は、偏波面保存ファイバであることを特徴とする、請求項5、6、13～18、24～28のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項45】前記電気光変換手段は、半導体レーザおよび外部光変調器で構成されていることを特徴とする、請求項1～6のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項46】前記電気光変換手段は、半導体レーザであることを特徴とする、請求項1～6のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項47】前記2以上の電気光変換手段は、それぞれ、半導体レーザおよび外部光変調器で構成されていることを特徴とする、請求項7～12のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項48】前記2以上の電気光変換手段は、それぞれ、半導体レーザであることを特徴とする、請求項7～12のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項49】前記第1および第2の電気光変換手段はそれぞれ、半導体レーザおよび外部光変調器で構成されていることを特徴とする、請求項13～18のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項50】前記第1および第2の電気光変換手段はそれぞれ、半導体レーザであることを特徴とする、請求項13～18のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項51】前記光源は、半導体レーザであることを特徴とする、請求項19～28のいずれかに記載の光伝送システム。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送システムに関するものである。より特定的には、周波数多重された電気信号を光信号に変換して伝送するアナログ光伝送システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の技術としては、例えば、特開平3-283725号に記載されている無線通信方式がある。以下、その無線通信方式について、図面を参照しながら簡単に説明する。図6は、上記の方式を用いた、従来の光伝送システムの構成を示すブロック図である。図6のシステムは、端局装置601、マイクロ波／光変換装置602、光ファイバ603、遠隔中継局604および加入者無線局605を備えている。

【0003】端局装置601は、マイクロ波信号を出力する。マイクロ波／光変換装置602は、マイクロ波を、直接アナログ変調された光信号に変換する。光ファイバ603は、光信号を伝送する。遠隔中継局604は、光信号をマイクロ波信号に変換して増幅した後、アンテナから送信する。加入者無線局605は、アンテナでマイクロ波を受信する。

【0004】以下には、図6のシステムがマイクロ波伝送を行う動作について説明する。端局装置601から出力されたマイクロ波信号は、マイクロ波／光変換装置602において、直接アナログ変調された光信号に変換される。変換された光信号は、光ファイバ603を介して遠隔中継局604に伝送される。伝送された光信号は、遠隔中継局604において、マイクロ波信号に変換して増幅された後、アンテナから加入者無線局605に向けて送信される。そして、加入者無線局605では、送信されたマイクロ波信号をアンテナにより受信する。以上のように、図6のシステムは、マイクロ波信号を光信号に変換して遠隔中継局604まで伝送しているため、高品質なマイクロ波伝送を行うことができる。

【0005】また、National Technical Report Vol. 36 No. 6 (1990)に記載の「80チャネルAM-FDM TV信号光伝送装置」には、マイクロ波信号を光信号に変換して伝送する代わりに、AM変調されたTV信号を光信号に変

40

50

換して伝送する装置が開示されており、この装置により、高品質なTV信号伝送を行うことができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のようなシステム／装置では、光ファイバ内において、光信号の一部が伝送方向と逆の方向に散乱されるレーリー散乱と呼ばれる現象が生じる。散乱光が再びレーリー散乱されると、光信号の伝送方向と同方向に進行する散乱光が生じることになり、この同方向に進行する散乱光が、光信号に対する雑音成分となる。長距離伝送を行う際には、レーリー散乱に起因する雑音成分が増大し、他の原因で生じる雑音成分に対して支配的となる。このため、搬送波電力対雑音電力比（以下、C/N比）が劣化して、伝送距離を長くできないという問題があった。

【0007】従って、本発明の目的は、レーリー散乱による雑音成分を抑制して、C/N比が良好な光伝送システムを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、電気信号を光信号に変換する電気光変換手段と、電気光変換手段が変換して得られた光信号を2以上に分岐する光分岐手段と、光分岐手段が分岐して得られた光信号をそれぞれ伝送するための2以上の光伝送路と、2以上の光伝送路を介して伝送された光信号をそれぞれ電気信号に変換する2以上の光電気変換手段と、2以上の光電気変換手段がそれぞれ変換して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備えている。

【0009】上記のように、第1の発明では、電気光変換手段は、電気信号を光信号に変換する。光分岐手段は、電気光変換手段が変換して得られた光信号を2以上に分岐する。光分岐手段が分岐して得られた光信号はそれぞれ、2以上の光伝送路を介して伝送される。このとき、2以上の光伝送路において、それぞれレーリー散乱による雑音光が発生する。2以上の光電気変換手段はそれぞれ、2以上の光伝送路を介して伝送された、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。加算手段は、2以上の光電気変換手段がそれぞれ変換して得られた電気信号を振幅加算する。

【0010】このように、電気信号を光信号に変換して、2以上に分岐した後、それぞれ互いに異なる光伝送路を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換した後、振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に相関がないため、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0011】第2の発明は、第1の発明において、光分岐手段が分岐して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0012】これにより、加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、電気信号をn分岐して伝送したとすると（ただし、nは2以上の整数）、加算して得られる雑音成分の電力を、分岐せずに伝送した場合の $1/n$ 倍にすることができる、従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比をn倍に改善することができる。

【0013】第3の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、電気信号を光信号に変換する電気光変換手段と、電気光変換手段が変換して得られた光信号を2以上に分岐する光分岐手段と、光分岐手段が分岐して得られた光信号をそれぞれ伝送するための2以上の光伝送路と、2以上の光伝送路を介して伝送された光信号を合波する光合波手段と、光合波手段が合波して得られた光信号を電気信号に変換する光電気変換手段とを備えている。

【0014】上記のように、第3の発明では、電気光変換手段は、電気信号を光信号に変換する。光分岐手段は、電気光変換手段が変換して得られた光信号を2以上に分岐する。光分岐手段が分岐して得られた光信号はそれぞれ、2以上の光伝送路を介して伝送される。このとき、2以上の光伝送路において、それぞれレーリー散乱による雑音光が発生する。光合波手段は、2以上の光伝送路を介して伝送された、雑音光を含む光信号を合波する。光電気変換手段は、光合波手段が合波して得られた光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。

【0015】このように、電気信号を光信号に変換した後、2以上に分岐して、それぞれ互いに異なる光伝送路を介して伝送する。そして、伝送された光信号を合波した後、電気信号に変換することにより、変換して得られる電気信号は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致していれば、その振幅が、合波しようとする光信号をそれぞれ変換して得られるであろう電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、変換して得られる雑音成分は、合波しようとする雑音光の間に相関がないため、その電力が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0016】第4の発明は、第3の発明において、光分岐手段が分岐して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0017】これにより、変換して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、電気信号をn分岐して伝送したとすると（ただし、nは2以上の整数）、変換して得られる雑音成分の電力を、分岐せずに伝送した場合の $1/n$ 倍にすることができる、従って、レ

ーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比をn倍に改善することができる。

【0018】第5の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、電気信号を光信号に変換する電気光変換手段と、電気光変換手段が変換して得られた光信号を2分岐する光分岐手段と、光分岐手段が分岐して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれなりに垂直になるように合波する光偏波合波手段と、光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、光伝送路を介して伝送された光信号を電気信号に変換する光電気変換手段とを備えている。

【0019】上記のように、第5の発明では、電気光変換手段は、電気信号を光信号に変換する。光分岐手段は、電気光変換手段が変換して得られた光信号を2分岐する。第1および第2の偏波面制御手段はそれなり、光分岐手段が分岐して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるよう制御する。光偏波合波手段は、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれなりに垂直になるように合波する。光偏波合波手段が合波して得られた光信号は、光伝送路を介して伝送される。このとき、光伝送路において、レーリー散乱による雑音光が発生する。光電気変換手段は、光伝送路を介して伝送された、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。

【0020】このように、電気信号を光信号に変換した後、2分岐して、それぞれ偏波面が直線偏波になるよう制御する。次いで、偏波面が直線偏波となった光信号を、偏波面が互いに直交するように合波した後、光伝送路を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換することにより、変換して得られる電気信号は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致していれば、その振幅が、合波しようとする光信号をそれぞれ変換して得られるであろう電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、変換して得られる雑音成分は、合波しようとする雑音光の間に完全には相関がないため、相関がある成分については、その振幅が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の振幅の和に等しく、相関がない成分については、その電力が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0021】第6の発明は、第5の発明において、光分岐手段が分岐して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0022】これにより、変換して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、変換して得

られる雑音成分の電力を、雑音光の相間の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、分岐せずに伝送した場合の $\{(1 + \alpha^2)/2\}$ 倍にすることができる。従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比を $\{2/(1 + \alpha^2)\}$ 倍に改善することができる。

【0023】第7の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、電気信号を2以上に分岐する分岐手段と、分岐手段が分岐して得られた電気信号をそれぞれ光信号に変換する2以上の電気光変換手段と、2以上の電気光変換手段が変換して得られた光信号をそれぞれ伝送するための2以上の光伝送路と、2以上の光伝送路を介して伝送された光信号をそれぞれ電気信号に変換する2以上の光電気変換手段と、2以上の光電気変換手段が変換して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備えている。

【0024】上記のように、第7の発明では、分岐手段は、電気信号を2以上に分岐する。2以上の電気光変換手段はそれなり、分岐手段が分岐して得られた電気信号を光信号に変換する。2以上の電気光変換手段が変換して得られた光信号はそれなり、2以上の光伝送路を介して伝送される。このとき、2以上の光伝送路において、それぞれレーリー散乱による雑音光が発生する。2以上の光電気変換手段はそれなり、2以上の光伝送路を介して伝送された、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。加算手段は、2以上の光電気変換手段が変換して得られた電気信号を振幅加算する。

【0025】このように、電気信号を2以上に分岐して、それぞれ光信号に変換した後、互いに異なる光伝送路を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換した後、振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に相関がないため、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0026】第8の発明は、第7の発明において、2以上の電気光変換手段が変換して得られる光信号は、それなりの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0027】これにより、加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、電気信号をn分岐して伝送したとすると（ただし、nは2以上の整数）、加算して得られる雑音成分の電力を、分岐せずに伝送した場合の $1/n$ 倍にできること、従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比をn倍に改善することができる。

【0028】第9の発明は、第7の発明において、分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電

力が等しいことを特徴としている。

【0029】これにより、電気光変換時に生じる歪み成分を最小にできる。

【0030】第10の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、電気信号を2以上に分岐する分岐手段と、分岐手段が分岐して得られた電気信号をそれぞれ光信号に変換する2以上の電気光変換手段と、2以上の電気光変換手段が変換して得られた光信号をそれぞれ伝送するための2以上の光伝送路と、2以上の光伝送路を介して伝送された光信号を合波する光合波手段と、光合波手段が合波して得られた光信号を電気信号に変換する光電気変換手段とを備えている。

【0031】上記のように、第10の発明では、分岐手段は、電気信号を2以上に分岐する。2以上の電気光変換手段はそれぞれ、分岐手段が分岐して得られた電気信号を光信号に変換する。2以上の電気光変換手段が変換して得られた光信号はそれぞれ、2以上の光伝送路を介して伝送される。このとき、2以上の光伝送路において、それぞれレーリー散乱による雑音光が発生する。光合波手段は、2以上の光伝送路を介して伝送された、雑音光を含む光信号を合波する。光電気変換手段は、光合波手段が合波して得られた光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。

【0032】このように、電気信号を2以上に分岐して、それぞれ光信号に変換した後、互いに異なる光伝送路を介して伝送する。そして、伝送された光信号を合波した後、電気信号に変換することにより、変換して得られる電気信号は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致していれば、その振幅が、合波しようとする光信号をそれぞれ変換して得られるであろう電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、変換して得られる雑音成分は、合波しようとする雑音光の間に相関がないため、その電力が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0033】第11の発明は、第10の発明において、2以上の電気光変換手段が変換して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0034】これにより、変換して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、電気信号をn分岐して伝送したとすると（ただし、nは2以上の整数）、変換して得られる雑音成分の電力を、分岐せずに伝送した場合の $1/n$ 倍にすることができ、従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比をn倍に改善することができる。

【0035】第12の発明は、第10の発明において、分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴としている。

【0036】これにより、電気光変換時に生じる歪み成分を最小にできる。

【0037】第13の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、電気信号を2分岐する分岐手段と、分岐手段が分岐して得られた電気信号をそれぞれ光信号に変換する第1および第2の電気光変換手段と、第1および第2の電気光変換手段が変換して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれぞれ互いに垂直となるように合波する光偏波合波手段と、光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、光伝送路を介して伝送された光信号を電気信号に変換する光電気変換手段とを備えている。

【0038】上記のように、第13の発明では、分岐手段は、電気信号を2分岐する。第1および第2の電気光変換手段はそれぞれ、分岐手段が分岐して得られた電気信号を光信号に変換する。第1および第2の偏波面制御手段はそれぞれ、第1および第2の電気光変換手段が変換して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるよう制御する。光偏波合波手段は、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれぞれ互いに垂直となるように合波する。光偏波合波手段が合波して得られた光信号は、光伝送路を介して伝送される。このとき、光伝送路において、レーリー散乱による雑音光が発生する。光電気変換手段は、光伝送路を介して伝送された、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。

【0039】このように、電気信号を2分岐して、それぞれ光信号に変換した後、偏波面が直線偏波になるよう制御する。次いで、偏波面が直線偏波となった光信号を、偏波面が互いに直交するように合波した後、光伝送路を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換することにより、変換して得られる電気信号は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致していれば、その振幅が、合波しようとする光信号をそれぞれ変換して得られるであろう電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、変換して得られる雑音成分は、合波しようとする雑音光の間に完全には相関がないため、相関がある成分については、その振幅が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の振幅の和に等しく、相関がない成分については、その電力が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の電力の和に等しい。

従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0040】第14の発明は、第13の発明において、第1および第2の電気光変換手段が変換して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴

としている。

【0041】これにより、変換して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、変換して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、分岐せずに伝送した場合の $\{(1 + \alpha^2)/2\}$ 倍にすることができます。従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比を $\{2/(1 + \alpha^2)\}$ 倍に改善することができる。

【0042】第15の発明は、第13の発明において、分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴としている。

【0043】これにより、電気光変換時に生じる歪み成分を最小にできる。

【0044】第16の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、電気信号を2分岐する分岐手段と、分岐手段が分岐して得られた電気信号の一方を位相反転する第1の位相反転手段と、分岐手段が分岐して得られた電気信号の他方および第1の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号をそれぞれ光信号に変換する第1および第2の電気光変換手段と、第1および第2の電気光変換手段が変換して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれぞれ互いに垂直となるように合波する光偏波合波手段と、光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、光伝送路を介して伝送された、偏波面がそれぞれ互いに垂直な光信号を、分離する偏波分離手段と、偏波分離手段が分離して得られた光信号をそれぞれ電気信号に変換する第1および第2の光電気変換手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する第2の位相反転手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに第2の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備えている。

【0045】上記のように、第16の発明では、分岐手段は、電気信号を2分岐する。第1の位相反転手段は、分岐手段が分岐して得られた電気信号の一方を位相反転する。第1および第2の電気光変換手段はそれぞれ、分岐手段が分岐して得られた電気信号の他方および第1の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を光信号に変換する。第1および第2の偏波面制御手段はそれぞれ、第1および第2の電気光変換手段が変換して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるよう制御する。光偏波合波手段は、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれぞれ互いに垂直となるように合波する。光偏波合波手段が合波して得られた光信号は、光伝送路を介して伝送される。このと

き、光伝送路において、レーリー散乱による雑音光が発生する。偏波分離手段は、光伝送路を介して伝送され、偏波面がそれぞれ互いに垂直な光信号を、分離する。第1および第2の光電気変換手段はそれぞれ、偏波分離手段が分離して得られた、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。第2の位相反転手段は、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する。加算手段は、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに第2の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する。

【0046】このように、電気信号を2分岐して、一方を位相反転した後、光信号に変換する。次いで、変換して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する。さらに、偏波面が直線偏波となった光信号を、偏波面が互いに直交するように合波した後、光伝送路を介して伝送する。そして、伝送後、偏波面がそれぞれ互いに垂直な光信号を分離して、一方を位相反転した後、電気信号に変換して振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に完全には相関がないため、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0047】第17の発明は、第16の発明において、第1および第2の電気光変換手段が変換して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0048】これにより、加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、加算して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、分岐せずに伝送した場合の $\{(1 - \alpha)^2/2\}$ 倍にすることができます。従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比を $\{2/(1 - \alpha)^2\}$ 倍に改善することができる。

【0049】第18の発明は、第16の発明において、分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴としている。

【0050】これにより、電気光変換時に生じる歪み成分を最小にできる。

【0051】第19の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、光信号を出力する光源と、光源から出力される光信号を2分岐する光分岐手段と、電気信号を2分岐する分岐手段と、分岐手段が分岐して得られた電気信号の一方を位相反転する第1

の位相反転手段と、光分岐手段が分岐して得られた光信号を、分岐手段が分岐して得られた電気信号の他方および第1の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号に応じてそれぞれ強度変調する第1および第2の外部光変調手段と、第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られた光信号をそれぞれ伝送するための第1および第2の光伝送路と、第1および第2の光伝送路を介して伝送された光信号をそれぞれ電気信号に変換する第1および第2の光電気変換手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する第2の位相反転手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに第2の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備えている。

【0052】上記のように、第19の発明では、光源は、光信号を出力する。光分岐手段は、光源から出力される光信号を2分岐する。分岐手段は、電気信号を2分岐する。第1の位相反転手段は、分岐手段が分岐して得られた電気信号の一方を位相反転する。第1および第2の外部光変調手段はそれぞれ、光分岐手段が分岐して得られた光信号を、分岐手段が分岐して得られた電気信号の他方および第1の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号に応じて強度変調する。第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られた光信号はそれぞれ、第1および第2の光伝送路を介して伝送される。このとき、第1および第2の光伝送路において、それぞれレーリー散乱による雑音光が発生する。第1および第2の光電気変換手段はそれぞれ、第1および第2の光伝送路を介して伝送された、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。第2の位相反転手段は、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する。加算手段は、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに第2の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する。

【0053】このように、光信号を2分岐して、電気信号およびその信号を位相反転して得られた電気信号でそれぞれ強度変調した後、互いに異なる光伝送路を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換した後、一方を位相反転して、振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に完全には相関がないため、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0054】第20の発明は、第19の発明において、

第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0055】これにより、加算して得られる雑音成分の電力を最小にことができる。すなわち、加算して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、分岐せずに伝送した場合の $((1 - \alpha)^2 / 2)$ 倍にすることができ、従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比を $(2 / (1 - \alpha)^2)$ 倍に改善することができる。

【0056】第21の発明は、第19の発明において、分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平均電力が等しいことを特徴としている。

【0057】これにより、電気光変換時に生じる歪み成分を最小にできる。

【0058】第22の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、光信号を出力する光源と、光源から出力される光信号を2分岐して、それぞれ位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調して出力する外部光変調手段と、外部光変調手段が出力する光信号をそれぞれ伝送するための第1および第2の光伝送路と、第1および第2の光伝送路を介して伝送された光信号を電気信号にそれぞれ変換する第1および第2の光電気変換手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する位相反転手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備えている。

【0059】上記のように、第22の発明では、光源は、光信号を出力する。外部光変調手段は、光源から出力される光信号を2分岐して、それぞれ位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調して出力する。外部光変調手段が出力する光信号はそれぞれ、第1および第2の光伝送路を介して伝送される。このとき、第1および第2の光伝送路において、それぞれレーリー散乱による雑音光が発生する。第1および第2の光電気変換手段はそれぞれ、第1および第2の光伝送路を介して伝送された、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。位相反転手段は、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する。加算手段は、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する。

【0060】このように、位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調された2つの光信号を、互いに異なる光伝送路を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換した後、一方を位相反転して、振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加

算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に完全には相関がないため、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0061】第23の発明は、第22の発明において、外部光変調手段が出力する光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0062】これにより、加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、加算して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、分岐せずに伝送した場合の $\{(1 - \alpha)^2 / 2\}$ 倍にすることができる。従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比を $\{2 / (1 - \alpha)^2\}$ 倍に改善することができる。

【0063】第24の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、光信号を出力する光源と、光源から出力される光信号を2分岐する光分岐手段と、電気信号を2分岐する分岐手段と、分岐手段が分岐して得られた電気信号の一方を位相反転する第1の位相反転手段と、光分岐手段が分岐して得られた光信号を、分岐手段が分岐して得られた電気信号の他方および第1の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号に応じてそれぞれ強度変調する第1および第2の外部光変調手段と、第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれぞれ互いに垂直となるように合波する光偏波合波手段と、光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、光伝送路を介して伝送された、偏波面がそれぞれ互いに直交する光信号を、分離する偏波分離手段と、偏波分離手段が分離して得られた光信号をそれぞれ電気信号に変換する第1および第2の光電気変換手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する第2の位相反転手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに第2の位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する。

10

20

【0065】このように、光信号を2分岐して、電気信号およびその信号を位相反転して得られた電気信号でそれぞれ外部変調した後、偏波面が直線偏波になるよう制御する。次いで、偏波面が直線偏波となった光信号を、偏波面が互いに直交するように合波した後、光伝送路を介して伝送する。そして、伝送後、偏波面が互いに垂直な光信号を分離して、電気信号に変換した後、一方を位相反転して振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に完全には相関がないため、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0066】第25の発明は、第24の発明において、第1および第2の外部光変調手段が強度変調して得られる光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

30

【0067】これにより、加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、加算して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、分岐せずに伝送した場合の $\{(1 - \alpha)^2 / 2\}$ 倍にすることができる。従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比を $\{2 / (1 - \alpha)^2\}$ 倍に改善することができる。

【0068】第26の発明は、第24の発明において、分岐手段が分岐して得られる電気信号は、それぞれの平

40

50

均電力が等しいことを特徴としている。

【0069】これにより、電気光変換時に生じる歪み成分を最小にできる。

【0070】第27の発明は、電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送システムであって、光信号を出力する光源と、光源から出力される光信号を2分岐して、それぞれ位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調して出力する外部光変調手段と、外部光変調手段が出力する光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する第1および第2の偏波面制御手段と、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれなりに垂直となるように合波する光偏波合波手段と、光偏波合波手段が合波して得られた光信号を伝送するための光伝送路と、光伝送路を介して伝送された、偏波面がそれなりに垂直な光信号を、分離する偏波分離手段と、偏波分離手段が分離して得られた光信号をそれぞれ電気信号に変換する第1および第2の光電気変換手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する位相反転手段と、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する加算手段とを備えている。

【0071】上記のように、第27の発明では、光源は、光信号を出力する。外部光変調手段は、光源から出力される光信号を2分岐して、それぞれ位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調して出力する。第1および第2の偏波面制御手段はそれぞれ、外部光変調手段が出力する光信号を、偏波面が直線偏波になるよう制御する。光偏波合波手段は、第1および第2の偏波面制御手段が制御して得られた光信号を、偏波面がそれなりに垂直となるように合波する。光偏波合波手段が合波して得られた光信号は、光伝送路を介して伝送される。このとき、光伝送路において、レーリー散乱による雑音光が発生する。偏波分離手段は、光伝送路を介して伝送された、偏波面がそれなりに垂直な光信号を、分離する。第1および第2の光電気変換手段はそれぞれ、偏波分離手段が分離して得られた、雑音光を含む光信号を、雑音成分を含む電気信号に変換する。位相反転手段は、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の一方を位相反転する。加算手段は、第1および第2の光電気変換手段が変換して得られた電気信号の他方ならびに位相反転手段が位相反転して得られた電気信号を振幅加算する。

【0072】このように、位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調された2つの光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御した後、偏波面が互いに垂直となるように合波して、光伝送路を介して伝送する。そして、伝送後、偏波面がそれなりに垂直な光信号を分離して、電気信号に変換した後、一方を位相反

転して、振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に完全には相関がないため、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0073】第28の発明は、第27の発明において、外部光変調手段が出力する光信号は、それぞれの平均の光パワーが等しいことを特徴としている。

【0074】これにより、加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、加算して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、分岐せずに伝送した場合の $\{(1 - \alpha)^2 / 2\}$ 倍にすることができる。従って、レーリー散乱による以外の雑音成分を無視すれば、C/N比を $\{2 / (1 - \alpha)^2\}$ 倍に改善することができる。

【0075】第29の発明は、第1、2、7～9、16～28の発明において、加算手段には、加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、所定の伝送遅延量が設定されていることを特徴としている。

【0076】第30の発明は、第1、2、7～9、16～28の発明において、加算手段は、加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、当該信号の位相差を補正する機能を備えていることを特徴としている。

【0077】第31の発明は、第3、4、10～12の発明において、光合波手段には、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、所定の伝送遅延量が設定されていることを特徴としている。

【0078】第32の発明は、第3、4、10～12の発明において、光合波手段は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、当該信号の強度変調成分の位相差を補正する機能を備えていることを特徴としている。

【0079】第33の発明は、第5、6、13～15の発明において、光偏波合波手段には、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、所定の伝送遅延量が設定されていることを特徴としている。

【0080】第34の発明は、第5、6、13～15の発明において、光偏波合波手段は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、当該信号の強度変調成分の位相差を補正する機能を備えていることを特徴としている。

【0081】第35の発明は、第1または2の発明において、光分岐手段は、加算手段が加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、分岐して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備えていることを特徴

としている。

【0082】第3.6の発明は、第3または4の発明において、光分岐手段は、光合波手段が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、分歧して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備えていることを特徴としている。

【0083】第3.7の発明は、第5または6の発明において、光分岐手段は、光偏波合波手段が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、分歧して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備えていることを特徴としている。

【0084】第3.8の発明は、第7～9、16～21、24～26の発明において、分歧手段は、加算手段が加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、分歧して得た電気信号の位相を調節する機能を備えていることを特徴としている。

【0085】第3.9の発明は、第10～12の発明において、分歧手段は、光合波手段が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、分歧して得た電気信号の位相を調節する機能を備えていることを特徴としている。

【0086】第4.0の発明は、第13～15の発明において、分歧手段は、光偏波合波手段が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致するよう、分歧して得た電気信号の位相を調節する機能を備えていることを特徴としている。

【0087】第4.1の発明は、第22、23、27、28の発明において、外部光変調手段は、加算手段が加算しようとする電気信号の位相が一致するよう、出力しようとする光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備えていることを特徴としている。

【0088】第29～41の発明により、伝送後、電気信号の波形が劣化して、期待されるC/N比が得られないのを防ぐことができる。

【0089】第4.2の発明は、第16～21、24～26の発明において、第2の位相反転手段は、第1の位相反転手段により位相反転されなかった電気信号を位相反転することを特徴としている。

【0090】これにより、2分岐して得られた電気信号が伝送される経路が対称となり、加算しようとする電気信号の位相が一致する。従って、伝送後、電気信号の波形が劣化して、期待されるC/N比が得られないのを防ぐことができる。

【0091】第4.3の発明は、第22、23、27、28の発明において、外部光変調手段は、バランスブリッジ型／方向性結合型光変調器であることを特徴としている。

【0092】これにより、位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調された2つの光信号を容易に得ることができる。

【0093】第4.4の発明は、第5、6、13～18、24～28の発明において、光伝送路は、偏波面保存ファイバであることを特徴としている。

【0094】これにより、伝送後、偏波面の直交関係が保たれ、従って、偏波分離度を充分高くできる。

【0095】第4.5の発明は、第1～6の発明において、電気光変換手段は、半導体レーザおよび外部光変調器で構成されていることを特徴としている。

【0096】第4.6の発明は、第1～6の発明において、電気光変換手段は、半導体レーザであることを特徴としている。

【0097】第4.7の発明は、第7～12の発明において、2以上の電気光変換手段はそれぞれ、半導体レーザおよび外部光変調器で構成されていることを特徴としている。

【0098】第4.8の発明は、第7～12の発明において、2以上の電気光変換手段はそれぞれ、半導体レーザであることを特徴としている。

【0099】第4.9の発明は、第13～18の発明において、第1および第2の電気光変換手段はそれぞれ、半導体レーザおよび外部光変調器で構成されていることを特徴としている。

【0100】第5.0の発明は、第13～18の発明において、第1および第2の電気光変換手段はそれぞれ、半導体レーザであることを特徴としている。

【0101】第5.1の発明は、第19～28の発明において、光源は、半導体レーザであることを特徴としている。

【0102】第4.5～5.1の発明では、電気光変換時に発生する雑音成分が他の発光素子を用いるのに比べて非常に小さいため、レーリー散乱による雑音成分を抑制して得られるC/N比の改善効果がより顕著となる。

【0103】 【発明の実施の形態】

(第1の実施形態) 以下、本発明の第1の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。図1のシステムは、入力部101、電気光変換部102、光分岐部103、第1の光伝送路104、第2の光伝送路105、第1の光電気変換部106、第2の光電気変換部107、加算部108および出力部109を備えている。

【0104】入力部101は、周波数多重された電気信号を入力する。電気光変換部102は、入力された電気信号を光信号に変換する。光分岐部103は、光信号を、それぞれの平均の光パワーが等しくなるよう2分岐する。第1の光伝送路104および第2の光伝送路105はそれぞれ、光信号を伝送する。第1および第2の光電気変換部(106、107)はそれぞれ、光信号を電気信号に変換する。加算部108は、電気信号を振幅加算

する。出力部109は、伝送された電気信号を出力する。

【0105】以下には、図1のシステムが光伝送を行う動作について説明する。入力部101から入力された電気信号は、電気光変換部102において光信号に変換された後、光分岐部103により、それぞれの平均の光パワーが等しくなるよう2分岐される。2分岐して得られた光信号はそれぞれ、第1および第2の光伝送路(104、105)を介して伝送される。このとき、第1および第2の光伝送路(104、105)において、レーリー散乱による雑音光が発生する。雑音光を含む光信号はそれぞれ、第1および第2の光電気変換部(106、107)において、雑音成分を含む電気信号に変換された後、加算部108において振幅加算され、出力部109から出力される。

【0106】以上の動作において、光伝送路(104、105)内を伝送される光信号の光パワーはそれぞれ、分岐せずに1つの伝送路を介して伝送する場合の半分となる。すなわち、図1の電気光変換部102が変換して得られる光信号の光パワーと、図6のマイクロ波/光変換装置602が変換して得られる光信号のそれとが等しいとすると、図1の第1および第2の光伝送路(104、105)内を伝送される光信号の光パワーはそれぞれ、図6の光ファイバ603内を伝送される光信号のそれの1/2倍である。レーリー散乱により生じる雑音光の光パワーは入力光のそれに比例するため、第1および第2の光伝送路(104、105)で発生する雑音光の光パワーはそれぞれ、光ファイバ603で発生する雑音光のそれの1/2倍となる。

【0107】加算部108が加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致している、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しいのに対して、加算部108が加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間には相関がないため、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。すなわち、加算部108が加算して得られる電気信号の電力は、遠隔中継局604が変換して得られるマイクロ波信号のそれに等しいのに対して、加算部108が加算して得られる雑音成分の電力は、遠隔中継局604が変換して得られる雑音成分のそれの1/2倍に等しい。従って、図1のシステムのC/N比は、図6のシステムのそれの2倍となる。

【0108】ただし、加算部108が加算しようとする電気信号の位相のずれが大きいと、加算して得られる電気信号の波形が劣化して、上記のC/N比が得られない。そこで、加算部108が、加算しようとする電気信号の位相差を補正する機能を備えるか、所定の伝送遅延量を加算部108に設定しておくか、または、光分岐部103が、分岐して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備える必要がある。

【0109】以上のように、本実施形態によれば、電気信号を光信号に変換して、2分岐した後、それぞれ互いに異なる光伝送路(104、105)を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換した後、振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に相関がないため、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、図6のシステムのように分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0110】また、光分岐部103が分岐して得られる光信号の平均の光パワーを等しくすることにより、加算部108が加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができる。すなわち、加算して得られる雑音成分の電力を、分岐せずに伝送した場合の1/2倍にすることができる、従って、C/N比を2倍に改善することができる。

【0111】(第2の実施形態)以下、本発明の第2の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図2は、本発明の第2の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。図2のシステムは、入力部101、電気光変換部102、光分岐部103、第1の光伝送路104、第2の光伝送路105、光合波部201、光電気変換部106および出力部109を備えている。光合波部201は、分岐して伝送された光信号を合波する。他の構成要素は、図1のものと同様の動作を行う。

【0112】以下には、図2のシステムが光伝送を行う動作について説明する。入力部101から入力された電気信号は、電気光変換部102において光信号に変換された後、光分岐部103により、それぞれの平均の光パワーが等しくなるよう2分岐される。2分岐して得られた光信号はそれぞれ、第1および第2の光伝送路(104、105)において、レーリー散乱による雑音光が発生する。雑音光を含む光信号は、光合波部201において合波された後、光電気変換部106により雑音成分を含む電気信号に変換され、出力部109から出力される。

【0113】上記のように、図2のシステムの動作が図1のシステムのそれと異なるのは、分岐して得られた光信号をそれぞれ電気信号に変換した後、加算する代わりに、分岐して得られた光信号を合波した後、電気信号に変換する点だけである。従って、図2のシステムは、図1のシステムと同様の効果を得ることができる。

【0114】ただし、光合波部201が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相のずれが大きいと、光電気変換部106が変換して得られる電気信号の波形が劣

50

化して、上記のC/N比が得られない。そこで、光合波部201が、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相差を補正する機能を備えるか、所定の伝送遅延量が光合波部201に設定されているか、または、光分岐部103が、分岐して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備える必要がある。

【0115】なお、第1および第2の実施形態では、光信号を2分岐して2つの光伝送路(104、105)を介して伝送するとしたが、代わりに、n分岐(ただし、nは3以上の整数)してn個の光伝送路を介して伝送すれば、C/N比を、分岐せずに伝送した場合のn倍に改善することができる。

【0116】(第3の実施形態)以下、本発明の第3の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図3は、本発明の第3の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。図3のシステムは、入力部101、電気光変換部102、光分岐部103、第1の偏波面制御部301、第2の偏波面制御部302、光偏波合波部303、光伝送路304、光電気変換部106および出力部109を備えている。

【0117】第1および第2の偏波面制御部(301、302)はそれぞれ、光信号を、その偏波面が直線偏波になるよう制御する。光偏波合波部303は、偏波面が直線偏波である光信号を、その偏波面が互いに直交するように合波する。光伝送路304は、偏波面が互いに直交するように合波して得られた光信号を伝送する。他の構成要素は、図1のものと同様の動作を行う。

【0118】以下には、図3のシステムが光伝送を行う動作について説明する。入力部101から入力された電気信号は、電気光変換部102で光信号に変換された後、光分岐部103において、それぞれの平均の光パワーが等しくなるよう2分岐される。2分岐して得られた光信号はそれぞれ、第1および第2の偏波面制御部(301、302)により、その偏波面が直線偏波になるよう制御される。偏波面が直線偏波となった光信号は、光偏波合波部303において、その偏波面が互いに直交するように合波された後、光伝送路304を介して伝送される。このとき、光伝送路304において、レーリー散乱による雑音光が発生する。雑音光を含む光信号は、光電気変換部106において、雑音成分を含む電気信号に変換され、出力部109から出力される。

【0119】以上の動作において、光偏波合波部303でその偏波面が互いに直交するように合波して得られた光信号は、光伝送路304内を互いに独立に伝送され、伝送後も偏波面の直交関係が保たれる。ただし、シングルモードファイバでは、直交関係が保たれるとは限らないため、光伝送路304として、偏波面の直交関係を保つことができる偏波面保存ファイバを使用する必要がある。

【0120】偏波面が互いに直交した光信号が伝送され

る際、光伝送路304においてレーリー散乱による雑音光が発生するが、これらの雑音光は無偏光であるため、ある程度相関しているが完全には相関していない。一方、偏波面が互いに直交した光信号は、強度変調成分の位相さえ一致すれば完全に相関する。従って、発生する雑音光の間の相関の度合に応じて、C/N比の改善が期待される。

【0121】そこで、以下では、発生する雑音光の間の相関の度合を示す相関係数を α (ただし、 $0 < \alpha < 1$)として、図3のシステムのC/N比を、図6のシステムのそれと比較する。図3の光伝送路304内を伝送される、偏波面が互いに直交した光信号の光パワーはそれぞれ、図6の光ファイバ603内を伝送される光信号のそれの1/2倍である。従って、図3の光伝送路304において、偏波面が互いに直交した光信号がレーリー散乱されたことにより発生する雑音光の光パワーはそれぞれ、図6の光ファイバ603で発生する雑音光のそれの1/2倍である。

【0122】光電気変換部106が変換して得られる電気信号は、光偏波合波部303が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致していれば、その振幅が、合波しようとする光信号をそれぞれ変換して得られるであろう電気信号の振幅の和に等しい。一方、光電気変換部106が変換して得られる雑音成分は、光偏波合波部303が合波しようとする雑音光の間に完全には相関がないため、相関がある成分については、その振幅が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の振幅の和に等しく、相関がない成分については、その電力が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう電力の和に等しい。

【0123】すなわち、図3の光電気変換部106が変換して得られる電気信号の電力は、図6の遠隔中継局604が変換して得られるマイクロ波信号のそれに等しいのに対して、光電気変換部106が変換して得られる雑音成分の電力は、遠隔中継局604が変換して得られる雑音成分のその $\{(1 + \alpha^2)/2\}$ 倍に等しい。従って、図1のシステムのC/N比は、図6のシステムのその $\{2/(1 + \alpha^2)\}$ 倍となり、例えば、 $\alpha = 1/2$ のときには1.6倍となる。

【0124】ただし、光偏波合波部303が合波しようとする光信号の強度変調成分の位相のずれが大きいと、光電気変換部106が変換して得られる電気信号の波形が劣化して、上記のC/N比が得られない。そこで、光偏波合波部303が、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相差を補正する機能を備えるか、所定の伝送遅延量が光偏波合波部303に設定されているか、または、光分岐部103が、分岐して得た光信号の強度変調成分の位相を調節する機能を備える必要がある。

【0125】以上のように、本実施形態によれば、電気信号を光信号に変換した後、2分岐して、それぞれ偏波

面が直線偏波になるよう制御する。次いで、偏波面が直線偏波となった光信号を、偏波面が互いに直交するよう合波した後、光伝送路304を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換することにより、変換して得られる電気信号は、合波しようとする光信号の強度変調成分の位相が一致していれば、その振幅が、合波しようとする光信号をそれぞれ変換して得られるであろう電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、変換して得られる雑音成分は、合波しようとする雑音光の間に完全には相関がないため、相関がある成分については、その振幅が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の振幅の和に等しく、相関がない成分については、その電力が、合波しようとする雑音光をそれぞれ変換して得られるであろう雑音成分の電力の和に等しい。従って、図6のシステムのように分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0126】また、光分岐部103が分岐して得られる光信号の平均の光パワーを等しくすることにより、光電気変換部106が変換して得られる雑音成分の電力を最小にすることができる。すなわち、変換して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α (ただし、 $0 < \alpha < 1$)として、分岐せずに伝送した場合の $\{(1 + \alpha^2)/2\}$ 倍にすることができる。従って、C/N比を $\{2/(1 + \alpha^2)\}$ 倍に改善することができる。

【0127】なお、第1～3の実施形態では、電気信号を光信号に変換した後、2分岐しているが、代わりに、電気信号を2分岐した後、光信号に変換してもよい。

【0128】また、第1～3の実施形態において、電気光変換部102として、半導体レーザを用いれば、電気光変換時に発生する雑音成分が他の発光素子を用いるのに比べて非常に小さいため、レーリー散乱による雑音成分を抑制して得られるC/N比の改善効果がより顕著となる。電気光変換部102が半導体レーザおよび外部光変調器で構成されていてもよい。

【0129】(第4の実施形態)以下、本発明の第4の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図4は、本発明の第4の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。図4のシステムは、入力部101、分岐部401、第1の位相反転部402、第1の電気光変換部403、第2の電気光変換部404、第1の偏波面制御部301、第2の偏波面制御部302、光偏波合波部303、光伝送路304、偏波分離部405、第1の光電気変換部106、第2の光電気変換部107、第2の位相反転部406、加算部108および出力部109を備えている。

【0130】分岐部401は、入力された電気信号を、それぞれの平均電力が等しくなるよう2分岐する。第1の位相反転部402は、分岐して得られた電気信号の一

方を位相反転する。第1および第2の電気光変換部(403、404)はそれぞれ、電気信号を光信号に変換する。偏波分離部405は、偏波面が互いに直交する光信号を分離する。第2の位相反転部406は、変換して得られた電気信号のいずれか一方を位相反転する。他の構成要素は、図1および3のものと同様の動作を行う。

【0131】以下には、図4のシステムが光伝送を行いう動作について説明する。入力部101から入力された電気信号は、分岐部401でそれぞれの平均電力が等しくなるよう2分岐された後、一方の電気信号が第1の位相反転部402において位相反転される。他方の電気信号および位相反転して得られた電気信号はそれぞれ、第1の電気光変換部403、第2の電気光変換部404で光信号に変換された後、第1の偏波面制御部301、第2の偏波面制御部302において、偏波面が直線偏波になるよう制御される。なお、第1の電気光変換部403および第2の電気光変換部404は、それぞれが変換して得られる光信号の平均の光パワーが互いに等しくなるよう設定されている。偏波面が直線偏波となった光信号はそれぞれ、光偏波合波部303において、偏波面が互いに直交するよう合波される。

【0132】合波して得られた光信号は、光伝送路304を介して伝送される。このとき、光伝送路304において、レーリー散乱による雑音光が発生する。伝送された、偏波面が互いに直交する光信号は、偏波分離部405において分離された後、それぞれ第1の光電気変換部106、第2の光電気変換部107で雑音成分を含む電気信号に変換される。なお、第3の実施形態同様、光伝送路304として偏波面保存ファイバを用いれば、伝送後も偏波面の直交関係が保たれ、偏波分離部405の偏波分離度を充分に高くすることができる。変換して得られた電気信号の一方が、第2の位相反転部406において位相反転される。そして、位相反転して得られた信号と他方の信号とが加算部108において振幅加算され、出力部109から出力される。

【0133】以上の動作において、第3の実施形態同様、偏波面が互いに直交した光信号は、強度変調成分の位相さえ一致すれば完全に相関する一方、レーリー散乱により発生した雑音光は、それぞれ無偏光であるため、ある程度相関しているが完全には相関していない。また、電気信号を2分岐してその一方を位相反転して伝送し、伝送後、雑音成分を含む電気信号のいずれか一方を再度位相反転して振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい一方、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の一方が位相反転されたために相関のある雑音成分については相殺され、相関のない雑音成分については、その電力が、加算しようとする電気信号の電力の和に等しい。従って、相関の度合に応じて、C/N比の改善が期待される。

【0134】そこで、以下では、発生する雑音光の間の相関の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、図4のシステムのC/N比を、図6のシステムのそれと比較する。上記のように、図4の加算部108が加算して得られる電気信号は、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和であるのに対して、加算部108が加算して得られる雑音成分は、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。すなわち、図4の加算部108が加算して得られる電気信号の電力は、図6の遠隔中継局604が変換して得られるマイクロ波信号のそれに等しいのに対して、加算部108が加算して得られる雑音成分の電力は、遠隔中継局604が変換して得られる雑音成分のそれの $\{(1-\alpha)^2/2\}$ 倍に等しい。従って、図4のシステムのC/N比は、図6のシステムのそれの $\{2/(1-\alpha)^2\}$ 倍である。

【0135】ただし、加算部108が加算しようとする電気信号の位相のずれが大きいと、加算して得られる電気信号の波形が劣化して、上記のC/N比が得られない。そこで、加算部108が、加算しようとする電気信号の位相差を補正する機能を備えるか、所定の伝送遅延量を加算部108に設定しておくか、または、分岐部401が、分岐して得た電気信号の位相を調節する機能を備える必要がある。

【0136】なお、第2の位相反転部406が、第1の位相反転部402で位相反転されなかった電気信号を位相反転することにより、2分岐して得られた電気信号の伝送経路が対称となり、上記のような位相調整を行う必要がなくなる。

【0137】以上のように、本実施形態によれば、電気信号を2分岐して、一方を位相反転した後、光信号に変換する。次いで、変換して得られた光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御する。さらに、偏波面が直線偏波となった光信号を、偏波面が互いに直交するように合波した後、光伝送路304を介して伝送する。そして、伝送後、偏波面が互いに垂直な光信号を分離して、一方を位相反転した後、電気信号に変換して振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に完全には相関がないため、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、図6のシステムのように分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができる。

【0138】また、第1の電気光変換部403および第2の電気光変換部404がそれぞれ変換して得られる光

信号の平均の光パワーを互いに等しくすることにより、加算部108が加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、加算して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α （ただし、 $0 < \alpha < 1$ ）として、分岐せずに伝送した場合の $\{(1-\alpha)^2/2\}$ 倍にすることができる、従って、C/N比を $\{2/(1-\alpha)^2\}$ 倍に改善することができます。

【0139】また、分岐部401が分岐して得られる電気信号の平均電力を等しくすることにより、電気光変換時に生じる歪み成分を最小にできる。

【0140】また、第1および第2の電気光変換部（403、404）を用いたことにより、電気光変換部（403、404）で生じる雑音成分を抑制する効果も得ている。

【0141】なお、第1および第2の電気光変換部（403、404）として、それぞれ半導体レーザを用いれば、電気光変換時に発生する雑音成分が他の発光素子を用いるのに比べて非常に小さいため、レーリー散乱による雑音成分を抑制して得られるC/N比の改善効果がより顕著となる。第1および第2の電気光変換部（403、404）がそれぞれ半導体レーザおよび外部光変調器で構成されていてもよい。

【0142】（第5の実施形態）以下、本発明の第5の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図5は、本発明の第5の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。図5のシステムは、入力部101、光分岐部103、分岐部401、第1の位相反転部402、光源501、第1の外部光変調部500、2、第2の外部光変調部503、第1の光伝送路104、第2の光伝送路105、第1の光電気変換部106、第2の光電気変換部107、第2の位相反転部406、加算部108および出力部109を備えている。

【0143】光源501は、光信号を出力する。第1および第2の外部光変調部（502、503）はそれぞれ、電気信号、その信号を位相反転して得られた電気信号に応じて、光信号を強度変調する。他の構成要素は、図1および4のものと同様の動作を行う。

【0144】以下には、図5のシステムが光伝送を行う動作について説明する。入力部101から入力された電気信号は、分岐部401でそれぞれの平均電力が等しくなるよう2分岐された後、一方の電気信号が第1の位相反転部402において位相反転される。また、光源501から出力された光信号は、光分岐部103で2分岐された後、それぞれ、第1の外部光変調部502、第2の外部光変調部503において、2分岐して得られた他方の電気信号、位相反転して得られた電気信号に応じて強度変調される。なお、第1の外部光変調部502および第2の外部光変調部503は、それぞれが強度変調して得られる光信号の平均の光パワーが互いに等しくなるよ

う設定されている。

【0145】強度変調して得られた光信号はそれぞれ、第1の光伝送路104、第2の光伝送路105を介して伝送される。このとき、第1および第2の光伝送路(104、105)において、レーリー散乱による雑音光が発生する。伝送された、雑音光を含む光信号はそれぞれ、第1の光電気変換部106、第2の光電気変換部107において雑音成分を含む電気信号に変換される。変換して得られた一方の電気信号は、位相反転部406において位相反転される。そして、変換して得られた他方の電気信号および位相反転して得られた電気信号が、加算部108において振幅加算され、出力部109から出力される。

【0146】以上の動作において、加算部108が加算して得られる電気信号は、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しいのに対して、加算部108が加算して得られる雑音成分は、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。すなわち、図5の加算部108が加算して得られる電気信号の電力は、図6の遠隔中継局604が変換して得られるマイクロ波信号のそれに等しいのに対して、加算部108が加算して得られる雑音成分の電力は、発生する雑音光の間の相関の度合を示す相関係数を α (ただし、 $0 < \alpha < 1$)として、遠隔中継局604が変換して得られる雑音成分のそれの $((1 - \alpha)^2 / 2)$ 倍に等しい。従って、図5のシステムのC/N比は、図6のシステムのそれの $2 / (1 - \alpha)^2$ 倍である。

【0147】ただし、加算部108が加算しようとする電気信号の位相のずれが大きいと、加算して得られる電気信号の波形が劣化して、上記のC/N比が得られない。そこで、加算部108が、加算しようとする電気信号の位相差を補正する機能を備えるか、所定の伝送遅延量を加算部108に設定しておくか、または、分岐部401が、分岐して得た電気信号の位相を調節する機能を備える必要がある。

【0148】なお、第2の位相反転部406が、第1の位相反転部402で位相反転されなかった電気信号を位相反転することにより、2分岐して得られた電気信号の伝送経路が対称となり、上記のような位相調整を行う必要がなくなる。

【0149】以上のように、本実施形態によれば、光信号を2分岐して、電気信号およびその信号を位相反転して得られた電気信号でそれぞれ強度変調した後、2つの光伝送路(104、105)を介して伝送する。そして、伝送された光信号を電気信号に変換した後、一方を位相反転して、振幅加算することにより、加算して得られる電気信号は、加算しようとする電気信号の位相が一致していれば、その振幅が、加算しようとする電気信号の振幅の和に等しい。これに対して、加算して得られる

雑音成分は、加算しようとする雑音成分の間に完全には相関がないため、相関がある成分については相殺され、相関がない成分については、その電力が、加算しようとする雑音成分の電力の和に等しい。従って、図6のシステムのように分岐せずに伝送した場合に比べて、C/N比を改善することができます。

【0150】また、第1の外部光変調部502および第2の外部光変調部503がそれぞれ強度変調して得られる光信号の平均の光パワーを互いに等しくすることにより、加算部108が加算して得られる雑音成分の電力を最小にすることができます。すなわち、加算して得られる雑音成分の電力を、雑音光の相関の度合を示す相関係数を α (ただし、 $0 < \alpha < 1$)として、分岐せずに伝送した場合の $((1 - \alpha)^2 / 2)$ 倍にすることができ、従って、C/N比を $2 / (1 - \alpha)^2$ 倍に改善することができます。

【0151】また、分岐部401が分岐して得られる電気信号の平均電力を等しくすることにより、電気光変換時に生じる歪み成分を最小にできる。

【0152】また、光源501からの雑音光は、雑音成分として加算部108で加算される際に相殺されるため、光源として無雑音のものを用いることと等価である。

【0153】なお、2つの光伝送路(104、105)を介して光信号を伝送する代わりに、1つの光伝送路を介して伝送するようにしてもよい。ただし、この場合、光信号を2分岐して、電気信号およびその信号を位相反転して得られた電気信号でそれぞれ強度変調した後、偏波面が直線偏波になるよう制御する。次いで、偏波面が直線偏波となった光信号を、偏波面が互いに直交するように合波した後、1つの光伝送路を介して伝送する。そして、伝送後、偏波面が互いに垂直な光信号を分離して、それぞれ電気信号に変換した後、一方を位相反転して振幅加算することになる。

【0154】また、第1および第2の外部光変調部(502、503)の代わりに、バランスブリッジ型/方向性結合型の光変調器のような、光源501から出力された光信号を2分岐して、それぞれ位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調して出力する外部光変調部を用いてもよい。さらに、1つの光伝送路を介して伝送することもできるが、この場合には、上記外部変調部が出力する、位相が互いに反転した電気信号に応じて強度変調された2つの光信号を、偏波面が直線偏波になるようそれぞれ制御した後、偏波面が互いに垂直となるように合波して、光伝送路を介して伝送する。そして、伝送後、偏波面がそれぞれ互いに直交する光信号を分離して、電気信号に変換した後、一方を位相反転して、振幅加算することになる。

【0155】また、光源501として、半導体レーザを用いれば、電気光変換時に発生する雑音成分が他の発光素子を用いるのに比べて非常に小さいため、レーリー散

乱による雑音成分を抑制して得られるC/N比の改善効果がより顕著となる。

【0156】また、第1～第5の実施形態では、光伝送路、光分岐部/合波部、偏波面制御部などで生じる光損失や、光電気変換部の変換効率などについては、レーリー散乱とは独立のものであるため考慮していないが、こうした光損失、変換効率などを考慮すると、C/N比は、上記の値にまでは改善されない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第3の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第4の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第5の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図6】従来の光伝送システムの構成の一例を示すブロック図である。

【符号の説明】

101 入力部

* 102 電気光変換部

103 光分岐部

104 第1の光伝送路

105 第2の光伝送路

106 第1の光電気変換部

107 第2の光電気変換部

108 加算部

109 出力部

201 光合波部

10 301 第1の偏波面制御部

302 第2の偏波面制御部

303 光偏波合波部

304 光伝送路

401 分岐部

402 第1の位相反転部

403 第1の電気光変換部

404 第2の電気光変換部

405 偏波分離部

406 第2の位相反転部

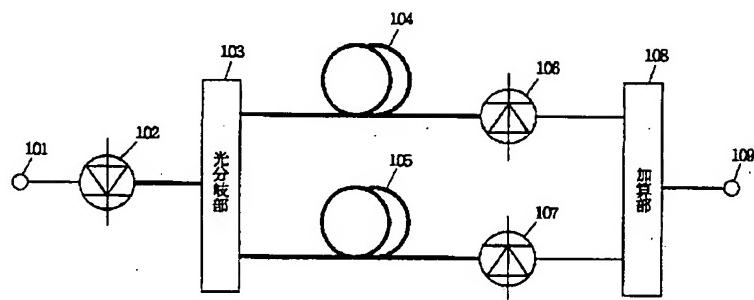
20 501 光源

502 第1の外部光変調部

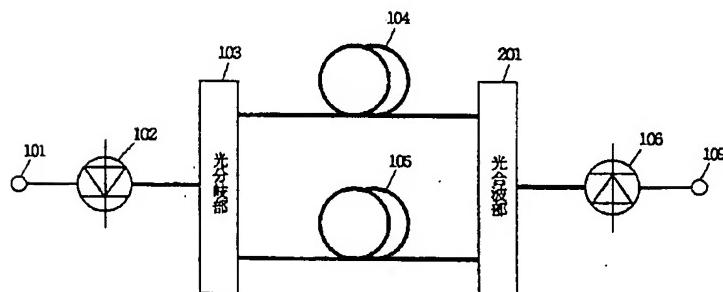
503 第2の外部光変調部

*

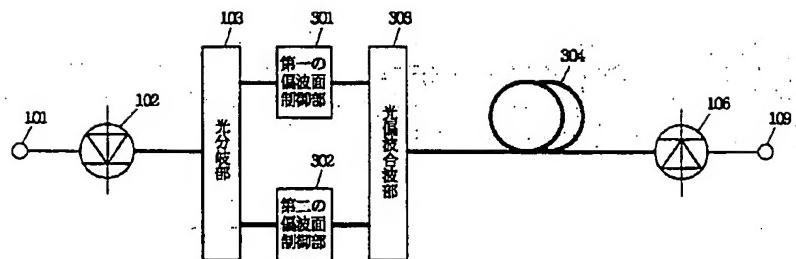
【図1】



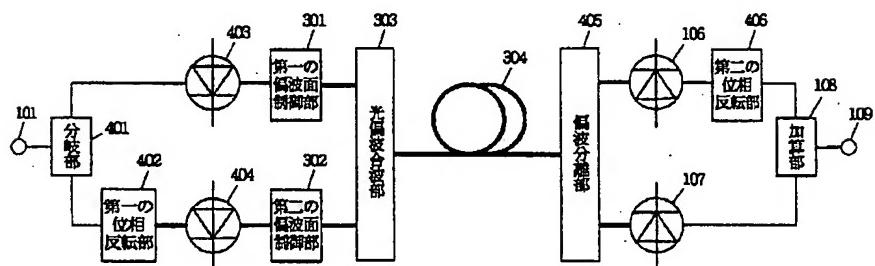
【図2】



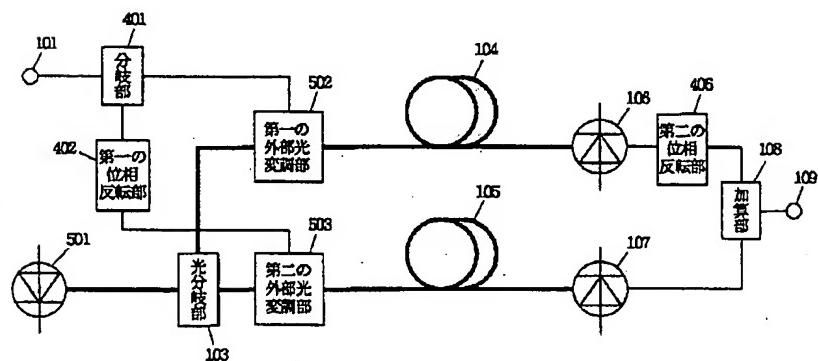
【図3】



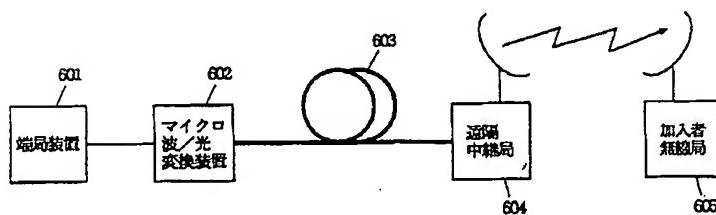
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁵ 識別記号 F I
H 01 S 3/18
H 04 B 1/62